

# CIPS 进路自动办理的安全与优化策略

蒋鹏<sup>1,2</sup> 常效辉<sup>1,2</sup> 龙昭<sup>1,2</sup>

1. 北京全路通信信号研究设计院集团有限公司, 中国·北京 100070
2. 列车自主运行智能控制铁路行业工程研究中心, 中国·北京 100070

**摘要:** 针对编组站综合自动化系统(CIPS)环境下编组站进路自动办理面临的安全隐患与效率瓶颈, 论文提出了一种基于安全卡控机制的进路办理方法, 并结合“由远及近”动态优化策略, 构建了一套完整的自动化解决方案。通过程序进路控制模块(PRC), 系统实现了计划指令的高效解析与精准执行: 在安全卡控层面, 设计了联锁条件检查、作业规范检查与道岔自动加锁三重防护机制, 有效规避人为操作失误; 在效率优化层面, 提出“由远及近”的进路动态规划策略, 通过指令级拆解、全局冲突预检和串行执行逻辑, 保障长进路资源独占性与作业连续性。

**关键词:** CIPS; PRC; 进路自动办理; 安全卡控机制; 由远及近策略

## Safety and Optimization Strategies for Automatic Route Setting in CIPS

Peng Jiang<sup>1,2</sup> Xiaohui Chang<sup>1,2</sup> Zhao Long<sup>1,2</sup>

1. Beijing Quanlu Communication Signal Research and Design Institute Group Co., Ltd., Beijing, 100070, China
2. Railway Industry Engineering Research Center for Autonomous Train Operation Intelligent Control, Beijing, 100070, China

**Abstract:** To address the safety risks and efficiency bottlenecks in automatic route setting for marshalling stations under the Computer Integrated Process System (CIPS) environment, this paper proposes a route handling method based on a safety control mechanism, combined with a “far-to-near” dynamic optimization strategy, constructing a comprehensive automated solution. Through the Programmable Route Control (PRC) module, the system achieves efficient parsing and precise execution of planned instructions: at the safety control level, a triple-layer protection mechanism is designed, including interlocking condition checks, operational regulation checks, and automatic switch locking, effectively mitigating human operational errors; at the efficiency optimization level, a “far-to-near” dynamic route planning strategy is proposed, ensuring resource exclusivity and operational continuity for long routes through instruction-level decomposition, global conflict pre-checking, and serial execution logic.

**Keywords:** CIPS; PRC; automatic route setting; safety control mechanism; far-to-near strategy

## 0 前言

编组站综合集成自动化系统(CIPS)已在全路 20 多个编组站成功示范应用, 其自动化功能显著减轻了值班员的工作负担。传统上需要一名值班员和一名信号员协同完成的任务, 现在仅需一名值班员即可完成, 实现了减员增效的目标<sup>[1]</sup>。然而, 进路自动办理过程中仍存在安全隐患和效率瓶颈, 特别是在复杂作业场景下, 传统联锁系统难以全面保障作业安全。

论文针对上述问题, 提出了一种基于 CIPS 的进路自动办理<sup>[2]</sup>安全卡控机制。该机制通过实时监测道岔、信号机、区段等设备状态, 动态判断进路办理条件, 并设计了全面的安全检查项目, 包括分路不良检查、施工封锁检查、设备停电检查、设备停用检查、《铁路技术管理规程》第三百零一条检查等。通过计算机辅助安全控制, 有效避免了因操作人员注意力不集中或操作失误引发的安全隐患<sup>[3]</sup>, 同时提升了运输效率。

此外, 论文提出了一种由远及近的进路办理策略, 以应对长进路作业中的冲突风险。程序进路控制模块(PRC)在办理进路时, 能够检查所有指令的可执行性, 确保进路办理的完整性和安全性, 避免因部分指令无法执行而导致作业中断。论文方法在提升安全性和运行效率方面具有显著优势, 为编组站自动化提供了新的解决方案。

论文主要由以下两部分构成: 一是进路自动办理的安全卡控机制, 二是由远及近的进路办理策略。通过理论分析与实验验证, 论文为 CIPS 环境下的编组站进路自动办理提供了系统的安全保障与优化方法。

## 1 PRC 系统架构和功能

### 1.1 PRC 系统架构

PRC 是 CIPS 的核心组件, 负责进路的自动办理与状态反馈。其系统架构如图 1 所示, 主要由指令执行模块与指令反馈模块构成, 协同管理系统与集控系统完成进路办理任务<sup>[4]</sup>。

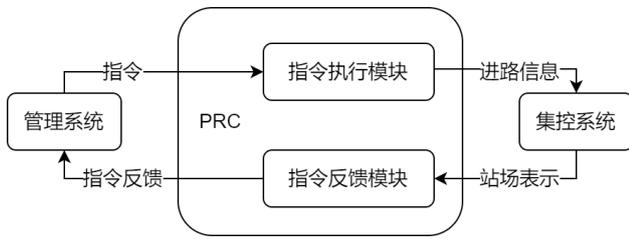


图 1 PRC 系统架构

### 1.2 核心模块功能

PRC 核心模块功能如表 1 所示。

表 1 PRC 核心模块功能

模块名称	功能描述
指令执行模块	①接收并处理管理系统触发的指令。 ②执行安全卡控检查与由远及近办理进路的条件检查。 ③将指令转换为进路信息并发送至集控系统。
指令反馈模块	①接收集控系统的站场表示信息，实时追踪指令执行状态。 ②将指令执行状态反馈至管理系统，支持动态调整与异常处理。

### 1.3 进路自动办理流程

PRC 的进路自动办理流程分为以下四个核心流程。

#### 1.3.1 指令触发与接收

管理系统根据作业计划生成指令，并择机触发。PRC 的指令执行模块接收触发后的指令，准备进行后续处理。

#### 1.3.2 安全卡控与条件检查

对接收的指令进行安全卡控检查（如联锁条件、作业规范等）。检查由远及近办理进路的条件，确保进路办理的完整性与安全性。

#### 1.3.3 进路信息转换与执行

将指令转换为集控系统可执行的进路信息。发送进路信息至集控系统，触发进路办理操作。

#### 1.3.4 状态追踪与反馈

PRC 的指令反馈模块接收集控系统的站场表示信息，实时追踪指令执行状态（如等待、开始、受限、故障、成功、启用、结束等）。将指令执行状态反馈至管理系统，支持动态调整与异常处理。

### 1.4 技术优势

①高效性：通过自动化流程减少人工干预，提升进路办理效率。

②安全性：集成安全卡控机制，确保进路办理的合规性与安全性。

③实时性：通过指令反馈模块实现状态实时追踪与动态调整。

## 2 安全卡控机制

程序进路控制模块（PRC）的安全卡控机制分为联锁条件检查、作业规范检查、道岔自动加锁三部分，确保进路

办理的安全性与合规性。

### 2.1 联锁条件检查

PRC 在执行进路办理前，对以下联锁条件进行动态检查。若检查未通过，则反馈指令受限状态，待条件满足后重新触发指令下发命令。检查项目如表 2 所示。

表 2 联锁条件检查项目

检查类别	检查项及规则
车次窗检查	源线路上车次与指令车次必须一致。
始终端按钮检查	进路的始端与终端按钮均不能处于封闭状态。
道岔检查	①侵限检查：进路上不能存在道岔侵限或分路不良侵限。 ②单锁检查：单锁位置必须与进路要求一致。 ③单封检查：进路上不能存在单封道岔。 ④锁闭检查：锁闭位置必须与进路要求一致。 ⑤占用检查：进路上不能存在占用或占用出清延时中（6 秒）的道岔。 ⑥双动道岔检查：关联道岔锁闭或占用时，当前位置必须与进路要求一致。 ⑦无表示检查：进路上不能存在无表示的道岔。 ⑧渡线检查：交叉渡线的定位后方设备必须处于定位状态。
信号机检查	①开放检查：进路上不能存在开放的正向或反向信号机。 ②关闭检查：进路上不能存在按钮封闭、闪烁或灯丝断丝的信号机。
区段检查	①场联条件检查：场联照查条件必须满足。 ②插旗检查：进路上不能存在货检或列检插旗的区段。 ③封锁检查：进路上不能存在封锁区段。 ④锁闭条件检查：进路上不能存在锁闭区段。 ⑤轨道条件检查：进路上不能存在占用或占用出清延时中（6 秒）的区段。

### 2.2 作业规范检查

PRC 对以下作业规范进行强制性检查，确保进路办理符合运营安全要求：

①确认空闲检查：进路上不能存在未确认空闲的道岔分路区段。

②施工封锁检查：进路上不能存在施工封锁设备。

③设备停电检查：进路上不能存在停电设备。

④设备停用检查：进路上不能存在停用设备。

⑤《铁路技术管理规程》第三百零一条检查：接发旅客列车时，若进路无隔开设备或脱轨器，禁止向接发车进路方向调车。

### 2.3 道岔自动加锁

道岔自动加锁功能由以下两部分构成，重点解决无信号折返场景下的安全防护问题。

#### 2.3.1 特殊车辆道岔自动单锁

当特殊车辆（如股道内超时停留车辆）自动排列调车进路时，PRC 在其占用结束后，自动对相关道岔执行单锁

操作。此类单锁需人工解除，期间禁止自动执行经过该道岔的进路，避免误操作风险。

### 2.3.2 无信号折返作业的智能防护

传统联锁系统（如 6502 或计算机联锁）要求列车必须行驶至折返信号机处方可折返，但实际作业中常因信号机安装条件限制，无法在部分道岔前设置折返信号机，导致无信号折返时需依赖人工单锁或手信号保障安全，效率低且风险高。因此，CIPS 提出了解决方案——“退路锁”功能。

动态预判折返需求。通过解析当前进路指令与未来计划进路的关联性，精准识别是否构成折返条件。

自动锁闭与灵活解锁。当调车作业出清道岔区段时，系统自动单锁该区段道岔，为无信号折返提供安全保障。此时，列车可依据自动开放的回头信号机（无需依赖物理折返信号机）直接折返，因道岔已锁闭，进路安全可靠；若继续前行，系统随车列移动逐步解锁已锁道岔，并向前延伸锁闭区段，保持动态防护<sup>[5]</sup>。

全程自动化。从锁闭到解锁全程无需人工介入，确保安全性与作业效率的平衡。

## 2.4 安全卡控机制的优势

通过上述安全卡控机制，PRC 不仅实现了对联锁条件的全面检查，还对作业规范中的潜在风险进行了有效卡控，避免了因操作人员注意力不集中或操作失误引发的安全隐患，显著提升了编组站作业的安全性与可靠性。

## 3 由远及近的进路办理策略

### 3.1 策略原理

#### 3.1.1 核心思想

指令级动态规划。将长进路拆解为多个指令（PRC 最小处理单元），以指令为进路单元，按远端→近端优先级执行。

完整性保障。远端指令优先办理，近端指令需待远端完成后方可执行，确保长进路连续性与资源独占性。

#### 3.1.2 流程逻辑

并行与串行控制。无冲突长进路支持并行办理，同一长进路内部严格串行执行（C → B → A）。

全局冲突检测。任一远端指令失败，则近端指令自动冻结。

#### 3.1.3 冲突规避机制<sup>[6]</sup>

全指令预检。长进路内所有指令需通过安全卡控检查（故障/受限指令直接阻断全局执行）。

状态依赖执行。近端指令执行需验证远端指令完成状态。

### 3.2 实现方法

进路由远及近办理的实现方法如表 3 所示。

### 3.3 人工干预逻辑

进路由远及近办理的人工干预逻辑如表 4 所示。

表 3 进路由远及近办理的实现方法

步骤	操作流程	示例（指令 C-B-A）
指令分解	将长进路按联锁表拆解为多个指令（C 为最远端，A 为最近端）。	长进路拆解为指令 C（远端）、B（中段）、A（近端）。
动态规划	①全局安全预检：任一指令处于故障或受限状态，长进路禁止办理。 ②生成优先级队列：C → B → A。	若指令 B 安全卡控失败，则 C、A 均被阻断。
串行执行	①执行指令 C，实时追踪设备状态。 ②C 成功后执行 B，B 成功后执行 A。	指令 C 办理成功→执行 B → B 成功→执行 A。
异常处理	远端指令失败时，近端指令自动回滚并反馈状态至管理系统。	若指令 C 办理失败，B、A 立即终止并回滚资源占用。

表 4 进路由远及近办理的人工干预逻辑

干预类型	处理规则	示例效果
远端干预	人工办理指令 C 对应进路：若设备位置/进路类型一致，视为 C 成功，自动执行 B → A。	人工完成 C 后，系统自动办理 B、A。
中间干预	人工办理指令 B 对应进路：视为路径不完整，阻断长进路全指令，反馈 B 为受限状态。	指令 B 标记受限，C、A 禁止执行。
近端干预	人工办理指令 A 对应进路：系统自动追踪 A 状态，成功后按优先级办理 C → B。	人工完成 A 后，系统依次办理 C、B（需重新安全预检）。

### 3.4 技术优势

①安全性提升。全指令预检与状态依赖触发机制，避免资源冲突。

②效率优化。支持无冲突长进路并行办理，缩短整体作业时间。

③灵活兼容。人工干预与自动办理无缝协同，适应复杂作业场景。

## 4 结语

论文针对 CIPS 环境下编组站进路自动办理的安全性与效率问题，提出了一种基于安全卡控机制的进路办理方法，并结合由远及近的优化策略，显著提升了系统的可靠性与性能。通过程序进路控制模块（PRC），系统实现了进路的精准办理与状态实时反馈。安全卡控机制涵盖联锁条件与作业规范检查，有效避免了人为操作失误；由远及近策略通过动

态规划优化进路办理顺序,提升了资源利用率与作业效率。论文方法支持人工干预与自动办理的无缝协同,适应复杂多变的作业场景。未来研究方向包括引入人工智能,进一步提升系统智能化程度。论文的研究为编组站自动化提供了一种可行的解决方案,对相关领域的理论研究和实践应用具有一定的参考意义。

#### 参考文献:

- [1] 贾公平.高速铁路信号系统中的PRC系统[J].北方交通大学学报,1998(5):126-130.
- [2] 丁昆,李玮,娄正良.CIPS按计划自动办理进路的原理[J].铁道通信信号,2010,46(11):15-19.
- [3] 张健.编组站列车进路自动控制安全风险研判[J].上海铁道,2019(S1):30-31.
- [4] 路飞.列控联锁一体化系统多层次结构化设计实现[J].铁路通信信号工程技术,2024,21(1):21-25.
- [5] 张利峰,王京春.编组站程序进路控制系统的设计与实现[J].铁路通信信号工程技术,2009,6(2):23-26.
- [6] 康清瑜.CTC系统中调车进路搜索的设计与实现[J].铁路通信信号工程技术,2024,21(11):24-29.

作者简介: 蒋鹏(1991-),男,硕士,工程师,从事铁路信号研究。

基金项目: 中国铁路通信信号股份有限公司科研项目(项目编号: 2024KJ02)。